

Approved For Release STAT
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120

Dec

Approved For Release
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF.15/P/2083

USSR

ORIGINAL: RUSSIAN

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ПОТОКОВ НЕЙТРОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

П.С.Баранов, В.И.Гольданский, В.С.Роганов

1. Введение

Создание ускорителей для получения частиц высоких энергий привело к необходимости дозиметрических измерений полей различных излучений вблизи ускорителей.

Дозиметрия полей быстрых нейтронов с энергией > 20 Мэв является, пожалуй, наименее разработанной. Между тем биологическая эффективность нейтронов таких энергий чрезвычайно высока - примерно в 20 раз (1) выше биологической эффективности γ -излучения. Столь большая биологическая эффективность нейтронов высокой энергии, в частности, обусловлена тем, что их ядерное поглощение сопровождается образованием "звезд", т.е. испусканием нескольких вторичных тяжелых заряженных частиц.

Высокая биологическая эффективность быстрых нейтронов приводит к тому, что уже слабые потоки нейтронов становятся опасными.

Для измерения малых потоков нейтронов высокой энергии, в принципе, могут быть использованы жидкостные сцинтилляционные счетчики с достаточно большим объемом сцинтиллятора. Таков, например, счетчик Кристи и др. (2) с объемом $\approx 2,5 \cdot 10^3$ см³ и эффективностью в несколько процентов или "звездный детектор" Г.Лексина и др. (3) для нейтронов с энергией ~ 200 Мэв с эффективностью $\sim 30\%$.

Однако эти детекторы весьма чувствительны к фону постоборонных излучений в потоке нейтронов, а, кроме того, их эффективность характеризуется резко выраженной энергетической зачисимостью, вид кото-

2554
25 YEAR RE-REVIEW

-2-

рой зачастую не известен точно. Изготовление таких детекторов и их эксплуатация представляют известные трудности.

Ниже описывается прибор для измерения потоков нейтронов с энергией > 20 Мэв, весьма простой по конструкции и в обращении и в то же время достаточно чувствительный для дозиметрических целей.

2. Описание прибора

Прибор для измерения малых потоков нейтронов с энергией > 20 Мэв основан на активации измеряемым нейтронным потоком углерода в жидких органических сцинтилляторах по реакции $C^{12}(n, 2n)C^{11}$ и последующем измерении активности C^{11} с помощью фотоумножителей по световым вспышкам, вызываемым в сцинтилляторе позитронами β^+ -распада.

Описываемый прибор состоял из стеклянного сосуда шарообразной формы, обернутого алюминиевой фольгой и снабженного двумя окнами для ФЭУ, двух фотоумножителей ФЭУ-19М, схемы совпадения с разрешающим временем $\sim 3 \cdot 10^{-8}$ сек, последующего усилителя, дискриминатора и счетного устройства. Общий вид прибора и его скелетная схема показаны на рис. 1 и 2.

Выбранная форма сосуда (объем которого составлял ≈ 500 см³) обеспечивала наилучшие условия регистрации позитронов распада радиоактивного изотопа C^{11} . В качестве сцинтиллятора использовались растворы паратерфенила в ксилоле или фенилциклогексане.

Включение фотоумножителей на совпадения устраняло фоновые отсчеты, обусловленные шумами ФЭУ; использование совпадений оказалось необходимым по той причине, что амплитуды импульсов от регистрации позитронов распада были сравнимы с амплитудами шумов ФЭУ.

Фоновые показания прибора без сцинтиллятора составляли $\approx 0,2$ имп.сек⁻¹, а со сцинтиллятором и при всесторонней свинцовой защите толщиной 5 см были около $7,5$ имп.сек⁻¹.

Этот фон не был связан с наличием K^{40} в стекле сосуда, т.к. использование металлических и плексигласовых сосудов не привело к снижению фона. Опыты показали, что вклад космических частиц в фон не превосходит ~ 1 имп.сек⁻¹.

Основной фон, по-видимому, обусловлен радиоактивными загрязнениями самого сцинтиллятора. Так, например, уже 10^{-11} - 10^{-12} % примеси изотопа C^{14} в углероде сцинтиллятора достаточно для объяснения числа фоновых отсчетов.

-3-

Эффективность описываемого прибора к быстрым нейтронам практически не изменяется с энергией нейтронов в интервале 40-400 Мэв., поскольку сечение реакции $C^{12}(n,2n)C^{11}$ в этой области энергии практически постоянно (4).

Эта эффективность пропорциональна доле позитронов распада C^{11} регистрируемых прибором. В рассматриваемом приборе эта доля составляла $\eta = 36\%$ и была измерена с абсолютной точностью 5%.

Абсолютная погрешность при измерении потока нейтронов определяется, в основном, абсолютной неточностью в величине сечения реакции $C^{12}(n,2n)C^{11}$ (σ_{n2n}) и составляет примерно 15%.

3. Измерения потока быстрых нейтронов

В ходе измерений сцинтиллятор облучался исследуемым потоком нейтронов. Число, форма и расположение сосудов, в которых находится сцинтиллятор во время активации нейтронами, могут быть самыми разнообразными, в зависимости от геометрии исследуемого нейтронного поля.

Присутствие фона посторонних излучений в потоке нейтронов практически не сказывается на результатах измерений, т.к. достаточно заэкранироваться несколькими сантиметрами свинца, чтобы защититься от постороннего фона γ -квантов и заряженных частиц без существенного изменения потока нейтронов.

После активации нейтронами сцинтиллятор переливался в сосуд прибора и описанным выше способом определялась наведенная активность C^{11} .

Конструкция прибора была такова, что наполнение и слив сцинтиллятора производились без выключения высокого напряжения на фотомножителях. Это позволяло проводить измерение непрерывно.

Пусть длительность облучения сцинтиллятора измеряемым нейтронным потоком (II) составляет T минут, время от конца облучения до начала отсчета актов распада - τ минут, длительность измерения активности C^{11} - t минут, причем за это время было зарегистрировано B импульсов. Очевидно, что :

$$n = \frac{(B - \lambda t) \lambda}{\eta \cdot \sigma_{n2n} \cdot n \cdot (1 - e^{-\lambda T}) e^{-\lambda \tau} (1 - e^{-\lambda t})},$$

-4-

где φ - число фоновых отсчетов прибора за 1 мин.;
 n - число ядер углерода в сцинтилляторе;
 λ - константа распада C^{14} , $\lambda = 0,0338 \text{ мин}^{-1}$.

Относительная статистическая ошибка δ в определении потока нейтронов находится из выражения:

$$\delta = \frac{\sqrt{(B - \varphi t) \cdot e^{-\lambda t} + \varphi t}}{B - \varphi t},$$

в котором опущена неточность определения фоновой скорости счета φ прибора, поскольку эта величина может быть определена с желаемой точностью в специальных длительных опытах. При заданном соотношении $\frac{B}{\varphi t}$ минимальному значению δ отвечает некоторая оптимальная длительность измерения активности (5).

Значение δ для данного прибора зависит от величины измеряемого нейтронного потока. На рис. 3 представлена зависимость от потока быстрых нейтронов, выраженного в единицах предельно допустимой дозы, принятой здесь равной $20 \text{ л.см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ (при потоке, равномерном по всей плоскости активируемого сцинтиллятора и постоянном во времени). При этом время измерения активности всегда принимается оптимальным, длительность активации нейтронами $\tau = 30 \text{ мин}$, а $T = 5 \text{ мин}$.

На рисунке видно, что поток, соответствующий 0,2 дозы, может быть измерен со статистической точностью $\delta = 30\%$, а поток, соответствующий одной дозе, с точностью $\delta = 6\%$. Для уменьшения этих значений в настоящее время ведутся опыты по увеличению отношения $\frac{n}{\varphi}$ прибора.

Описанный прибор используется для измерений поля быстрых фотонейтронов вблизи 265 Мэв синхротрона Физического института им. П.Н.Лебедева АН СССР, причем с его помощью удалось произвести замеры очень малых потоков быстрых нейтронов.

В настоящее время измерение малых потоков нейтронов высокой энергии проводится описанным прибором вблизи 680 Мэв синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований.

2554

-5-

Л и т е р а т у р а

1. Летавет А.А. Доклад на I конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955
2. E.R.Christie, B.F.Feld, A.C.Odian, P.S. Stein, A.Wattenberg
Rev.Sci.Instr., 1957, 27, N^o3, 127
3. Акимов Ю.К., Кузнецов А.С., Лексин Г.А., ПТЭ 1956, № 2, 70
4. Баранов П.С., Гольданский В.И. ЖЭТФ, 1955, 28, 621
5. Баранов П.С., Гольданский В.И., Роганов В.С. ПТЭ № 6, 1957, 45,
Rev.Sci.Instr., 1957, 28, N^o12, 1029

-6-

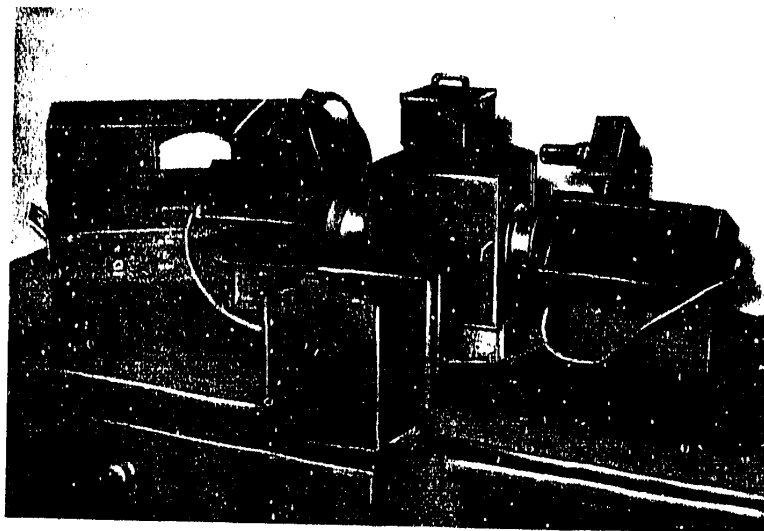


Рис.1. Общий вид прибора. Всесторонняя свинцовая защита удалена

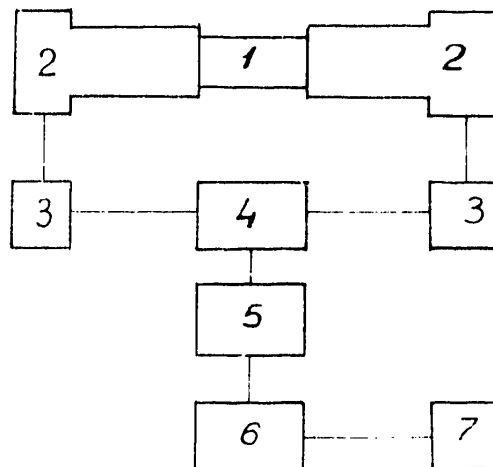


Рис.2. Скелетная схема прибора: 1-раствор партерфенила в ксилоле объемом 500 см³; 2-фотоумножители ФЭУ-19М; 3-выходные каскады фотоумножителей; 4-элемент отбора совпадений; 5-усилитель; 6-дискриминатор; 7-ПС-64 с механическим счетчиком

-7-

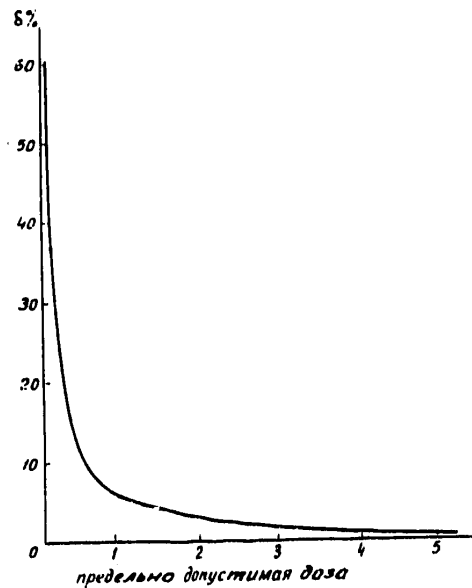


Рис.3. Величина относительной статистической ошибки при однократном измерении различных потоков нейтронов высокой энергии. Длительность измерения активности соответствует минимальному значению σ для данного потока $\tau = 30$ мин. $\tau = 5$ мин. Одна предельно допустимая доза принята здесь соответствующей нейтронному потоку $\Pi = 20 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$